LE POINT EN RECHERCHE

Août 2004

Série technique 04-124

RÉSUMÉ DE LA RECHERCHE SUR LES MEMBRANES DE REVÊTEMENT INTERMÉDIAIRE

INTRODUCTION

Les défaillances relevées récemment dans les murs à façade et à revêtement étanches des bâtiments de la vallée du Bas-Fraser, en Colombie-Britannique (murs revêtus d'un enduit de ciment Portland aussi appelé stucco), et de Wilmington, en Caroline du Nord (système d'isolation des façades avec enduit), ont rappelé à l'industrie l'importance des détails d'exécution pour ce qui est du contrôle de la pénétration de la pluie.

Les membranes de revêtement jouent un rôle primordial relativement au contrôle de l'humidité ayant pénétré le parement primaire. Elles aident aussi à freiner le mouvement de la vapeur de même que les infiltrations et exfiltrations d'air.

Plusieurs noms descriptifs ont été attribués à cette catégorie de matériaux. Dans le présent Point en recherche, on emploiera *membrane de revêtement intermédiaire (MRI)* pour tous les types de membrane en feuille, y compris les enduits qui remplissent cette fonction.

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) parraine de nombreux programmes et activités afin de mieux informer l'industrie. Dans le cadre de ces initiatives, la SCHL a formé un consortium externe à l'Université Concordia, à Montréal, qu'elle a chargé d'étudier les effets de l'humidité sur les MRI. Le consortium a reçu de l'aide de la société DuPont (U.S.), de la Fortifiber Corporation (U.S.), de Hal Industries Inc., à Surrey, en C.-B., du Homeowner Protection Office de la C.-B. et de l'Université Concordia. Le présent Point en recherche résume les principales constatations faites au terme du programme de recherche.

PROGRAMME DE RECHERCHE

La recherche avait quatre grands objectifs :

1 Élaborer un système de classement des matériaux;

2 Examiner les méthodes d'essai en laboratoire servant à décrire les propriétés des MRI;

3 Examiner les effets de divers facteurs sur la performance des MRI, c'est-à-dire :

- les effets de divers supports sur le transfert d'humidité au travers de certaines MRI;
- les effets de diverses conditions limites, comme la pression hydrostatique;
- les effets des intempéries sur les propriétés des MRI;
- l'influence de divers produits d'extraction et agents de surface;
- les effets de la pénétration des fixations sur la transmission de l'humidité dans les supports;

4. Élaborer une méthode d'essai axée sur la performance qui permettra de décrire de façon plus réaliste les MRI aux fins de la normalisation des produits.

Il existe de nombreuses membranes spécialisées dont les propriétés sont adaptées à diverses applications. Les matériaux de base et les techniques de fabrication des produits qui serviront de MRI varient. Le lecteur trouvera ci-après un classement des MRI jugé pratique par les chercheurs du consortium.

Catégorie C : MRI faite de fibre cellulosique imprégnée d'asphalte. Comprend les papiers de construction feutrés et comprimés. L'asphalte et les autres composants imperméabilisent les fibres cellulosiques hydrophiles.

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

Catégorie P : MRI fibreuse polymère. Comprend les matériaux en feuille fabriqués à partir de fibres de polyoléfine filées-liées qui sont hydrophobes et forment une couche hydrofuge.

Catégorie PP : Pellicule polymère perforée. Ces matériaux en feuille sont faits de pellicules de polyéthylène monolithiques perforées mécaniquement afin de permettre le passage de la vapeur tout en offrant une certaine résistance à la pénétration de l'eau.

Catégorie M : MRI faite d'une pellicule microporeuse. Ces matériaux en feuilles sont constitués de pellicules de polyéthylène monolithiques auxquelles on a incorporé des particules. L'étirement de la pellicule entraîne le détachement de certaines particules, ce qui crée des micropores.

Catégorie LA : MRI appliquée sous forme liquide (par vaporisation ou à la truelle). Ces pellicules sont formées en appliquant une ou deux couches d'apprêt à un revêtement de bois ou de plâtre. Une fois séchée, la pellicule permet au revêtement et à ses joints de résister à l'eau.

Bien que la plus grande partie de la recherche fut concentrée sur les matériaux des catégories C et P, tel que décrit dans le présent Point en recherche, exception faite des pellicules microporeuses, toutes les catégories ont été examinées. Chaque catégorie comprend de nombreux types de produits, mais la présente recherche n'a porté que sur quelques matériaux représentatifs.

MÉTHODE – ESSAIS COURANTS

Les industries du papier, du textile et des polymères ont élaboré des méthodes d'essai pour l'évaluation des produits devant servir de MRI qui visaient surtout à assurer le contrôle de la qualité.

Ces méthodes comprennent « l'essai du bateau », « l'essai d'identification à sec », « l'essai de rétention d'eau » et « l'essai de pression hydrostatique ». Chaque essai permet de vérifier certaines caractéristiques de la MRI qui lui permettent de repousser l'eau ou de l'empêcher de la traverser.

L'essai du bateau consiste à fabriquer un petit bateau avec le matériau. On y place une poudre qui change de couleur lorsqu'elle est mouillée, puis on le fait flotter sur l'eau. Le temps que la poudre met à changer de couleur est calculé afin d'obtenir une mesure de la résistance du matériau à la pénétration de l'humidité.

L'essai d'identification à sec est une version modifiée de l'essai du bateau. L'expérience est réalisée à l'aide d'un flotteur en aluminium ou d'un cylindre creux muni d'un support en fil de fer pour l'installation de l'échantillon de même que d'un verre de montre. On expose à l'eau la surface inférieure de l'échantillon et on mesure le temps que l'humidité prend à traverser ce dernier, tel qu'indiqué par le changement de couleur de l'indicateur d'humidité situé sur la surface supérieure du produit.

L'essai de rétention d'eau consiste à placer une colonne d'eau de 25 mm (1 po) sur la membrane. Les chercheurs mesurent le temps qu'il faut à trois gouttes d'eau pour traverser cette dernière.

Pour l'essai de pression hydrostatique, les chercheurs appliquent des pressions d'eau élevées contre la membrane afin de déterminer le point de dépassement de la tension superficielle de l'eau contenue dans les pores du matériau et de passage du flux au travers d'eux.

Aucun de ces essais ne fournit d'information directe sur la performance des matériaux à l'intérieur des murs. On se préoccupait, en premier lieu, du flux d'eau, puis, en deuxième lieu, du flux de vapeur. Certains matériaux semblent donner une meilleure performance avec un type d'essai en particulier. Au terme de ces comparaisons, le consortium jugeait nécessaire de mettre au point des mesures plus fondamentales afin de mieux comprendre la façon dont les MRI protégeaient les murs.

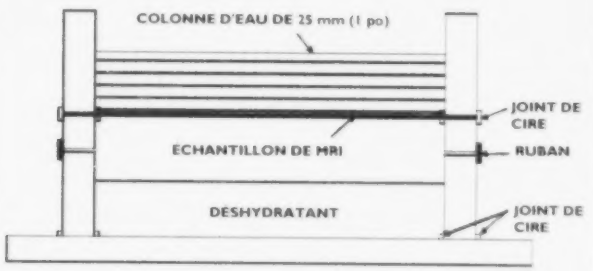
MÉTHODE — ESSAIS EXISTANTS ET NOUVEAUX

Les procédés de dessiccation et de mouillage de la méthode d'essai E96 de l'ASTM permettent, entre autres, d'établir les propriétés fondamentales des membranes. Le procédé de dessiccation requiert l'exposition de la membrane à un taux d'humidité relative (HR) différentiel de 50 % et la mesure du gain de poids dans un déshydratant servant à obtenir un taux d'humidité relative le plus faible possible (presque nul). De cette manière, on peut mesurer le flux de vapeur d'eau au travers du matériau. Dans le cas du procédé de mouillage, on dépose de l'eau dans le réservoir au lieu d'un déshydratant et on maintient un taux d'humidité relative de 50 % sur la face extérieure de l'échantillon. Les chercheurs surveillent la perte de poids attribuable à l'humidité de l'élément.

Dans le cas de « l'essai inversé », une colonne d'eau normalisée est placée sur le dessus de la membrane et le changement de poids est mesuré au fur et à mesure que l'humidité s'échappe par diffusion au travers de la membrane. Habituellement, l'humidité relative appliquée du côté « sec » est de 50 %. Intuitivement, cet essai permet d'évaluer le flux de vapeur.

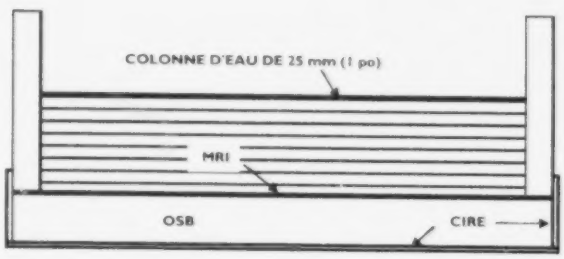
On obtient des conditions limites bien définies en exposant la surface supérieure à une colonne d'eau de 25 mm (1 po), par exemple, et en exposant la surface inférieure à un milieu sec connu comme un espace conditionné ou un déshydratant. Ces conditions permettent de créer la force motrice la plus élevée qui soit pour la diffusion de la vapeur d'eau au travers du matériau. L'essai faisant appel au déshydratant et qui s'appelle « essai inversé modifié » ne requiert ni cuves ni équipement spécial. De plus, les essais exploratoires ont montré que les effets de pressions hydrostatiques légèrement plus élevées influaient peu sur les résultats. Lorsqu'un déshydratant est utilisé, ce test est nommé « Essai inversé modifié ».

Figure 1 — Essai inversé modifié



L'essai d'un matériau de construction à l'aide d'un puits d'humidité au lieu d'un déshydratant permet d'évaluer tout l'élément ou le composé. Par exemple, la capacité de l'humidité de traverser la membrane et le support permet de mesurer la résistance de l'élément et non seulement de la membrane lorsque cette dernière est placée directement sur un panneau de copeaux orientés (OSB), du contreplaqué, une plaque de plâtre ou un autre type de revêtement intermédiaire. Cette méthode reflète l'utilisation réelle des membranes. L'essai ne fournit pas directement de données sur les propriétés fondamentales, mais il se révèle très utile pour examiner l'ordre de grandeur des effets de la pénétration et de certains paramètres physiques. Cette méthode s'appelle « l'essai du flux d'humidité ».

Figure 2 — Essai du flux d'humidité

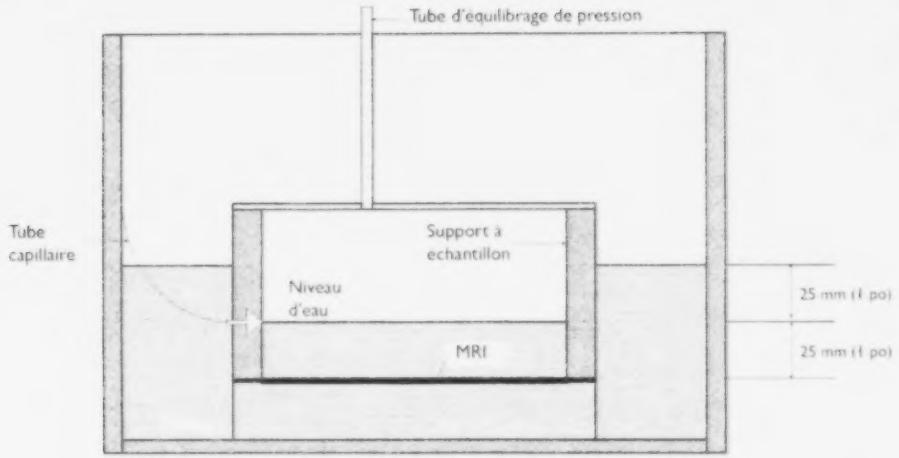


Le troisième essai évalue le flux d'humidité au travers d'une membrane dont les deux côtés sont exposés à l'eau. Il simule la pénétration de l'eau jusqu'à la surface extérieure d'une MRI ainsi que le mouillage de sa surface intérieure à cause de l'humidité contenue dans le mur.

Habituellement, l'air emprisonné dans les pores des MRI empêche l'eau de les traverser dans la plupart des conditions. L'eau s'évapore des ménisques et se diffuse par les pores sous forme de vapeur. La diffusion par vapeur de l'eau constituait toujours le principal mode de transport de l'humidité, même lorsque les pores des MRI n'étaient que partiellement remplis d'air.

La filtration d'eau n'a lieu que si la plupart des ménisques sont brisés et que la MRI est constamment recouverte d'un filet d'eau. Il faut appliquer une pression considérable (de 5,5 kPa à 28 kPa) sur le côté des MRI pour briser les ménisques d'eau qui se sont créés dans les petits pores de la plupart d'entre elles. Si on ne rencontre pas de pression différentielle aussi élevée dans la pratique, on pourrait toutefois appliquer une faible pression hydrostatique différentielle de 250 Pa (25 mm (1 po) de colonne d'eau) dans le cadre d'un essai normalisé visant à évaluer la « résistance à la pénétration des liquides » et mettant les deux faces de la membrane en contact avec l'eau. Deux variables sont mesurées pendant cet essai, soit le début d'écoulement du liquide et le coefficient de conductivité de l'eau à l'état stationnaire. L'écoulement ne se produit qu'au travers des pores les plus importants qui risquent de restreindre les applications de la membrane.

Figure 3 — Essai de pénétration des liquides



RÉSULTATS

L'essai paramétrique a confirmé que la faible pression hydrostatique utilisée pour l'essai inversé avait peu d'influence sur la quantité d'humidité transportée au travers de la membrane.

Les essais inversés modifiés réalisés sur toutes les MRI des catégories C et P à l'aide d'une colonne d'eau de 25 mm (1 po) ont révélé que la transmission d'humidité se faisait surtout sous forme de flux de vapeur traversant les membranes dans le cas d'un mouillage unique. La prédominance du flux de vapeur relevée chez les MRI de catégorie C et P s'explique par l'angle de mouillage négatif de la structure à pores fins créée par la matrice fibreuse. Cette structure agit comme un filtre en séparant les molécules d'eau contenues dans le liquide des molécules à l'état de vapeur qui se trouvent du côté opposé de la MRI. On a relevé que la vapeur se diffusait librement au travers de la structure fibreuse. *(Le lecteur notera que la présente discussion exclut les matériaux perforés mécaniquement dont la surface subira des changements physiques et chimiques pendant la durée utile qui risquent de différer totalement par rapport aux matériaux fibreux.)*

Les membranes appliquées à l'état liquide (LA) forment une pellicule qui possède une connectivité des pores différente de celle des matériaux de catégorie C et P, mais une absorptivité très faible et une résistance très élevée aux flux liquides. Il est impossible de vérifier les membranes de catégorie LA sauf en tant que composé des autres matériaux auxquelles elles sont liées.

L'essai du flux d'humidité réalisé à l'aide de divers matériaux utilisés comme puits d'humidité et contre lesquels on déposait la MRI a révélé que le taux de transport d'humidité variait en fonction des propriétés du puits d'humidité lui-même. Seul l'essai inversé modifié a donné un taux de transfert d'humidité constant au fil du temps. Pendant l'essai, il fallait changer le déshydratant assez souvent pour maintenir un taux d'humidité relative presque nul pour éviter que la force motrice causant la transmission de vapeur ne diminue.

EFFETS DES AGENTS DE SURFACE

Il est prouvé que les produits chimiques peuvent s'échapper de matériaux adjacents comme les panneaux de copeaux orientés ou le stucco. Aussi, le lavage à la pression des surfaces exposées de certains bardages dans le cadre de leur entretien peut causer des infiltrations d'eau qui mouilleront la MRI située derrière. Or, on se demandait si les agents de surface pouvaient influer sur la performance des matériaux employés pour les MRI.

D'une part, on a découvert un effet très important des agents de surface (comme le savon) au niveau de la tension superficielle et de la cinématique. D'autre part, il a été déterminé que les parties solubles des produits d'extraction du bois de certains panneaux de copeaux orientés avaient relativement peu d'effets sur les propriétés du transfert d'eau par les pores. Cependant, cette recherche a aussi démontré que le transfert d'humidité au travers des membranes de catégorie C et P à l'aide d'eau du robinet ou d'une solution de savon

à 1 % n'entraînait pas de différence importante au niveau du flux d'humidité. Nous avons conclu que la réduction de la tension superficielle était toujours insuffisante pour briser les ménisques reliant les pores de ces membranes.

EFFETS DES PÉNÉTRATIONS

Les clous et les agrafes qui pénètrent la MRI provoquent une hausse du flux d'humidité d'au moins un ordre de grandeur lorsqu'on les exprime en flux par unité de superficie (m^2) de l'échantillon utilisé. La figure 4 montre les résultats pour deux types de produits de deux catégories de MRI différentes.

L'essai du flux d'humidité a démontré que le flux était beaucoup plus élevé si la MRI comportait des pénétrations traversant un support en contreplaqué que si elle était intacte. Toutefois, l'essai inversé modifié a indiqué que le flux d'humidité d'un produit intact était beaucoup plus élevé en l'absence de support en contreplaqué. Autrement dit, plus d'humidité sera transportée au travers d'une membrane exposée à l'air des deux côtés et soumise à une forte pression de vapeur que si le flux de liquide s'infiltre dans le support le long de la tige de la fixation (membrane qui n'est pas serrée contre le support par la tête de la fixation). Les comparaisons (avec et sans fixations, et avec et sans support) reflètent simplement la réalité, c'est-à-dire que le flux d'humidité qui traverse un élément est contrôlé par les composantes qui résistent le plus dans ce dernier.

Des recherches s'imposent sur les éléments afin d'évaluer les effets de l'infiltration de l'humidité au niveau des fixations, surtout en ce qui a trait aux contraintes subies par les membranes fixées sur le chantier. Les points de pénétration de l'eau et la dissipation de cette dernière autour des fixations posent des problèmes très complexes.

EFFETS DES INTEMPÉRIES

Deux séries de matériaux ont été vieillies pendant quatre mois, une à partir de la fin de juillet 2002 et l'autre à compter de la fin de novembre de la même année. Elles ont servi de repère à des fins de comparaison. Une réduction de la transmission d'humidité à la fois légère et sans importance a été observée pendant l'essai inversé modifié.

Figure 4 — Flux d'humidité mesuré pour deux produits des catégories C et P fixés avec des clous ou des agrafes à un support de contreplaqué et comparaison avec le flux d'humidité mesuré à l'aide de l'essai inversé modifié sur des membranes non influencées par le support en contreplaqué.

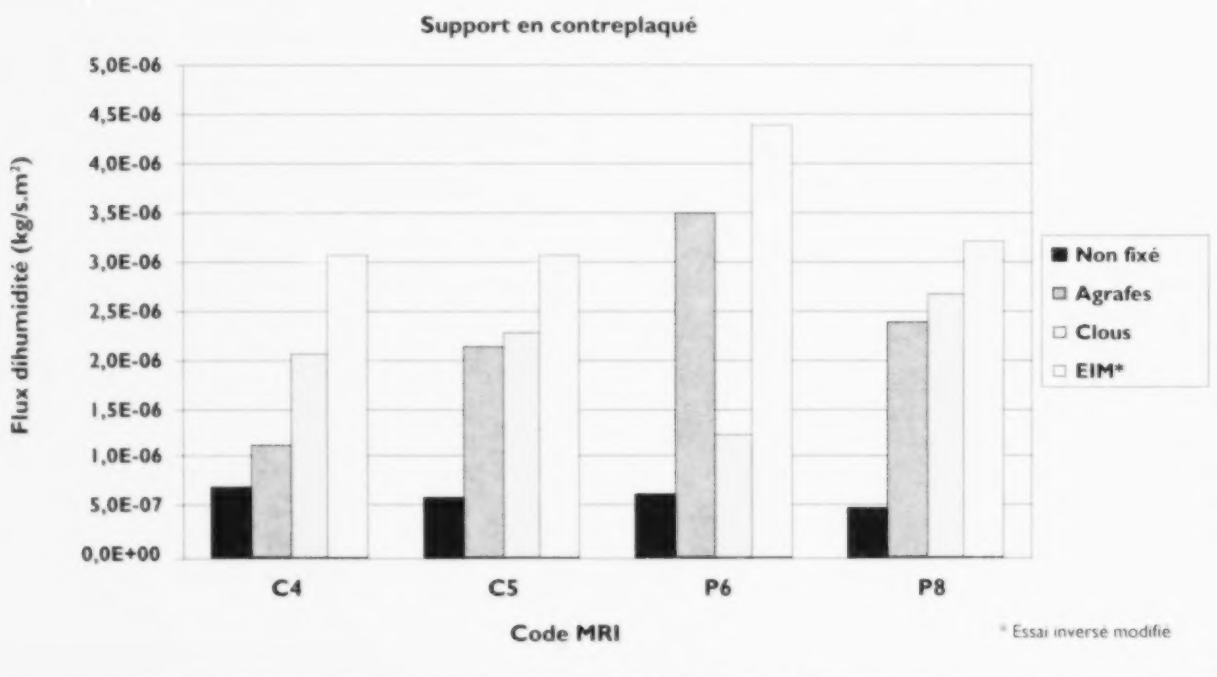


Figure 5 — Flux liquide mesuré pour des produits de catégorie C neufs et soumis au vieillissement

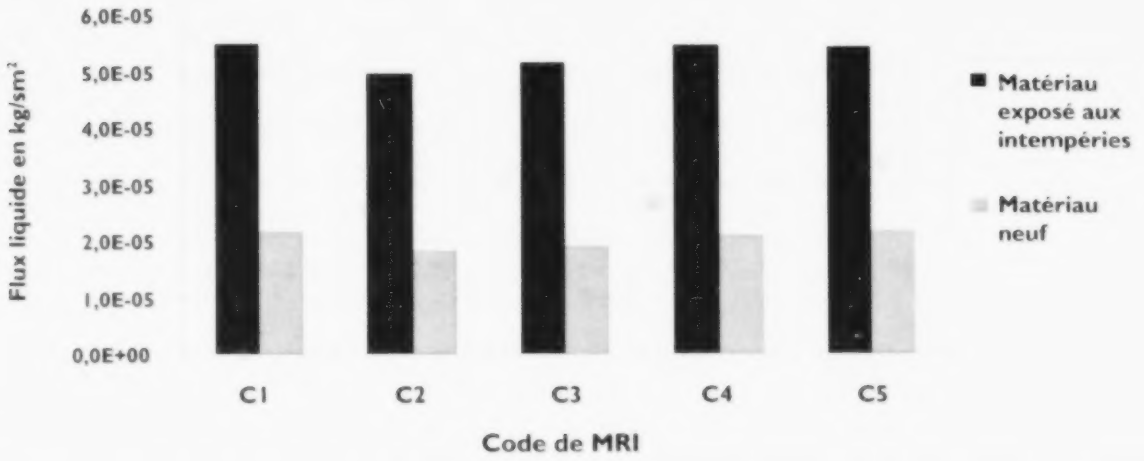


Tableau 1 — Comparaison des flux pour un produit de la catégorie C

N°	Description des conditions de transport	Flux d'humidité, kg/m²s
1	Flux liquide (essai de pénétration des liquides)	5,0 E–05
2	Essai inversé modifié	4,0 E–06
3	Essai double (humidité relative de 0 à 100 %) (méthode E96 de l'ASTM)	2,1 E–06
4	Flux d'humidité avec puits d'humidité en panneau de copeaux orientés + agrafes (essai du flux d'humidité)	3,3 E–06
5	Flux d'humidité avec puits d'humidité en panneau de copeaux orientés (essai du flux d'humidité)	4,5 E–07
6	Flux d'humidité avec puits d'humidité en contreplaqué (essai du flux d'humidité)	4,8 E–07

On a aussi vérifié la résistance au mouvement d'air de certaines membranes de catégorie C et P avant et après leur exposition à l'action des intempéries d'une durée de quatre mois sur un support extérieur aménagé à cet effet. Les résultats obtenus ont montré que ce degré d'altération n'avait aucun effet important sur la perméance à l'air. Toutefois, on montre, dans la figure 5, qu'il existe une différence importante entre ces deux cas si l'on utilise l'essai de pénétration des liquides.

Ces constatations démontrent qu'il faut utiliser l'essai inversé modifié et celui de la pénétration des liquides pour évaluer la performance d'une MRI soumise à des conditions différentes qui s'apparentent étroitement à celles qu'on retrouve sur le terrain.

Enfin, le lecteur trouvera dans le tableau ci-dessus, à titre d'exemple d'ordre de grandeur, les résultats médians obtenus pour un papier de revêtement intermédiaire (catégorie C) dont un certain nombre d'échantillons (de 3 à 5) ont été soumis à différents essais.

Exception faite de la procédure réalisée au moyen de l'essai double, tous les essais énumérés au tableau 1 ont requis l'installation d'une colonne d'eau de 25 mm (1 po) sur la surface supérieure de la MRI. Le transfert d'humidité total entre l'eau et les supports tels que les panneaux de copeaux orientés ou le contreplaqué a été mesuré au moyen de l'essai du flux d'humidité. Cette méthode jugée arbitraire parce qu'elle combine le transport en phase liquide et vapeur au travers de la MRI et du support est

en même temps la seule permettant d'évaluer les effets des pénétrations mécaniques.

L'essai inversé modifié a donné les résultats les plus défavorables pour ce qui est du transport d'humidité dominé par la vapeur d'eau. Le produit le plus perméable des catégories C et P a obtenu un transfert d'eau de 5,0 E-06 kg/(m·s) après avoir été soumis à cet essai. Cette valeur demeure toujours un ordre de grandeur plus bas que le flux d'humidité obtenu par filtration de l'eau.

CONSÉQUENCES

Cette recherche a démontré que la performance des produits des catégories C et P utilisés comme MRI différait largement de celle de bien des matériaux de construction poreux.

En pratique, les MRI doivent empêcher l'eau de pluie de les traverser pour atteindre l'intérieur du mur. Deux phénomènes physiques expliquent la façon dont elles atteignent ce but — leurs pores de dimension suffisamment petite et leur angle de mouillage négatif. Au cours des essais, la dimension des pores n'a pas été touchée sérieusement par le vieillissement, l'action des intempéries ou même l'étirement mécanique des MRI. La perméabilité à l'air ou à la vapeur n'a pas été réduite de façon importante par l'action des intempéries prévue pendant la construction. L'emploi de savon ou de produits d'extraction du bois n'a pas eu plus d'effets sur la perméabilité à l'air ou à la vapeur (du moins dans le cas d'un mouillage unique) étant donné que le transport de l'humidité au travers de la MRI était dominé par la phase du transfert de vapeur.

Cependant, des hausses importantes de la transmission d'eau ont été relevées en présence de certaines actions des intempéries combinées à des produits d'extraction du bois et à d'autres solutés — le délai qui s'écoulait avant que certaines membranes ne soient traversées par des gouttes d'eau pouvait se mesurer en minutes au lieu de se mesurer en jours. On a trouvé que les essais de pénétration des liquides (où l'eau entre en contact avec les deux côtés de la MRI) défavorisaient les matériaux présentant des défectuosités locales et dont l'angle de mouillage négatif était neutralisé par l'action des intempéries. Certaines MRI qui avaient connu une bonne performance après avoir été soumises aux essais existants de normalisation des produits (par exemple, certains types de produits de la catégorie PP) laissaient s'écouler du liquide au bout de quelques minutes.

La leçon que les concepteurs doivent tirer est simple. Pour réduire les risques de pénétration de l'eau, ils doivent éliminer la possibilité que cette dernière entre en contact avec les deux côtés de la MRI pendant des périodes prolongées. Pour y parvenir, il faut exiger des éléments incorporant une cavité remplie d'air sur un côté de la MRI. Cette mesure est recommandée pour les conditions climatiques présentant des risques élevés de pénétration d'eau. Dans un climat doux, il suffirait d'une lame d'air de 1 à 3 mm qu'il faudrait toutefois maintenir constamment. Combinée à d'autres mesures, cette lame d'air permettrait le drainage de l'eau et réduirait grandement les charges dues à l'humidité qui s'exercent sur les MRI. Il s'agit d'une question pratique très importante qu'il importe d'approfondir davantage.

Directeur de projet : Silvio Plescia

Consultants : Dr. Mark Bomberg, Adjunct Professor,
Department of Building, Civil and Environmental Engineering
Université Concordia et
Don Onysko, DMO Associates Limited

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.schl.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

63678